

硅岩与层控硅岩型铀矿床地球化学

李 朝 阳

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

摘 要

本文包含两个内容: 1) 介绍各类硅岩的特征, 对层状硅岩进行分类和成因探讨。认为大多数层状硅岩是生物(放射虫、硅藻和海绵骨针等)吸收海水中的 SiO_2 后构成本身的壳体, 死亡后堆积而成层状硅岩; 2) 讨论层控硅岩型铀矿的地质、地球化学特点和矿床成因。着重论述矿源层的形成和铀矿床与地壳运动的关系。

从目前世界铀的总储量来看, 硅岩型铀矿不是最重要的铀矿类型, 主要的铀矿资源是产在碎屑岩中。美国、加拿大、澳大利亚、南非、尼日尔和加蓬等国的铀矿资源, 一半以上都是来自碎屑岩型。

我国的硅岩型铀矿虽然所占储量比例不很大, 但它的矿石容易冶炼, 单个矿床的规模相对较大, 因此它仍是我国一个重要的矿床类型。

硅岩在我国分布非常广泛, 在时间上从晚太古代到第三纪的各个地质时代的地层中都可以见到; 在空间上也几乎遍及全国, 不仅在褶皱带, 而且在相对稳定的地区都有出露。硅岩中除发现层控铀矿床外, 此岩性中还有铁矿、锰矿及 P, Mo, Cu, Ni, Hg 等矿化, 因此研究层控硅岩型铀矿及硅岩具有重要的理论意义和实际价值。

一、硅岩岩石学特点及其形成条件

主要由自生石英(包括玉髓和蛋白石)组成的沉积岩称为硅岩(cherts, Кремнистые породы), 它多被译为硅质岩, 也有人称为硅质页岩。硅岩中游离二氧化硅普遍都在 50% 以上, 有的甚至高于 90%, 矿物颗粒一般细小且较均一。

1. 硅岩的产出特征

硅岩主要产于褶皱带(即地槽区), 部分亦见于稳定区(即地台区和地台活化区), 多为海相沉积, 是细碎屑岩-碳酸岩¹⁾ 建造的组成部分, 它通常出现于建造发育的晚期(图 1), 可以同碳酸岩及细碎屑岩(包括粉砂岩、页岩等)呈相变关系; 陆相和海陆交互的硅岩所占比重较小, 如第三系湖相沉积的硅藻土和煤系中的薄层硅岩夹层。

2. 硅岩的岩石学特点

硅岩具有一定的地层层位, 呈层状和扁平透镜状产出。硅岩中二氧化硅的存在形式一般

本文 1983 年 2 月 10 日收到, 1983 年 9 月 22 日收到修改稿

1) 碳酸岩系指沉积而成的岩石, 下同。

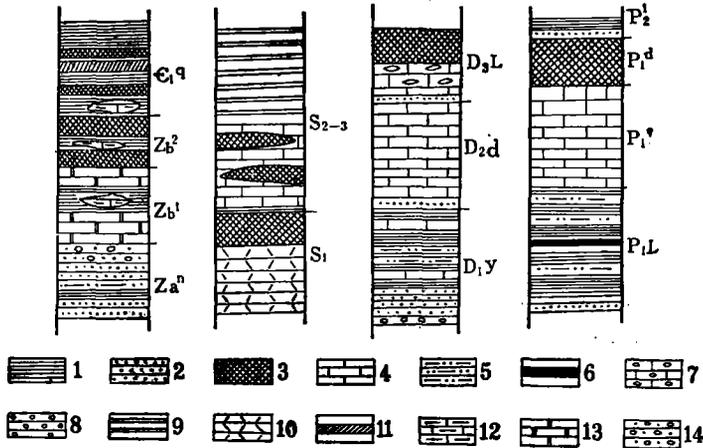


图 1 细碎屑岩-碳酸岩建造中硅岩产出位置示意图

1. 页岩; 2. 砂岩; 3. 硅岩; 4. 灰岩; 5. 粉砂; 6. 煤系; 7. 扁豆状灰岩; 8. 砾岩; 9. 砂质板岩; 10. 凝灰质火山岩; 11. 结核状磷块岩; 12. 泥灰岩; 13. 硅质白云岩; 14. 砂砾岩。
- P₁¹——二迭系上统乐平煤系; P₁^d——二迭系下统当冲组; P₁^v——二迭系下统栖霞组; P₁^L——二迭系下统龙潭组; D₃L——泥盆系上统栖霞组; D₂d——泥盆系中统东岗岭组; D₁Y——泥盆系下统都江组; S₂₋₃——志留系中、上统; S₁——志留系下统; C₁q——寒武系下统清溪组; Z_b²——震旦系上统留茶坡组(灯影组); Z_b¹——震旦系上统陡山沱组; Z_aⁿ——震旦系下统南沱组。

随硅岩形成的时代而定,中生代以前的硅岩主要由石英和少量玉髓所组成,而在中、新生代的硅岩中玉髓和蛋白石较常见,石英却较少,因此可以推测,不少自生石英是由蛋白石、玉髓结晶而成的。通常,在硅岩中都含有少量粘土矿物、有机质、黄铁矿及碳酸盐等杂质成分,有的还含有极少量的陆源碎屑物质。硅岩包括有前寒武纪的磁铁石英岩、古生代的层状硅岩及中、新生代的蛋白土和硅藻土(图2中a)。磁铁石英岩因变质比较强烈,二氧化硅几乎都变成了粒状石英,岩石具条带状构造,等粒镶嵌结构。层状硅岩的情况比较复杂,其颜色、单层厚度、杂质成分、含化石情况及二氧化硅的存在形式差异较大。虽然化石较常见,但保存完整的不太多,比较好辨认的有放射虫(图2中b,c)、硅质海绵骨针、鲃科、藻类和腕足类等。层状硅岩中以细粒(0.01—0.1mm)自生石英为主,有的还可见玉髓,是层控硅岩型铀矿床的围岩。硅藻土见于新生代地层中,如山东山旺,它为黑白相间的纸片状沉积物,二氧化硅主要以硅藻化石的形式存在,少量为蛋白石,硅藻土中除了大量存在的硅藻化石外,还有很多的动植物化石,如鱼、鹿、昆虫及其它很多门类的化石,为淡水的湖相沉积。硅藻土中常含有较多量的粘土、有机质和晶形完好的黄铁矿。蛋白土只是零星分布,呈窝状和透镜状,展布范围不大,主要由蛋白石组成。

3. 硅岩的成因

对于这个问题,目前提出的观点很多,概括起来有如下几种:(1) Van Tuyl 和 Biggs 等人的交代作用形成说^[1]; (2) Tarr 等则主张燧石结核是直接由沉淀在海底的硅团形成的^[1]; (3) Страхов, H. M. 等人^[2](1966)和 Krauskopf (1959)和 Siever (1962)等认为硅岩是通过生物吸收海水中的二氧化硅而构成本身的骨架后堆积而成,现今所见硅岩为生物硅质沉积物的成岩变化产物。因为海水只含约 4 ppm 的氧化硅,所以氧化硅胶未必会沉淀,海水中氧化硅的低浓度是由于生物(放射虫、硅藻和硅质海绵)的萃取作用而保持的^[1]; (4) Dapples (1967)提出了火山物质在海解阶段分解出来大量二氧化硅,使局部地区海水中的二氧化硅达到饱和

状态并直接沉淀形成硅岩^[3]; (5) Peterson 和 Von der Borch (1965) 与 Eugster^[3](1967) 的研究曾指出, 结核状燧石(也有层状燧石)在富含氧化硅的碱性湖泊中, 可以由硅酸钠胶体的淋滤作用而沉淀。二氧化硅先形成马加迪石 (magadiite)—— $\text{NaSi}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 而后很快地转化为燧石。他们还认为前寒武纪的磁铁矿石岩也是这种方式形成的; (6) Pettijohn, F. J. (1975) 综合提出,“燧石——结核状的和层状的两类——都是一种多成因的岩石, 没有简单的生成方式可以适用于所有的燧石”^[1]。

我们通过我国某些不同大地构造单元的层状硅岩的研究后发现: 硅岩常与碳酸岩在一起, 在剖面上一般硅岩在上部, 碳酸岩在下部; 在硅岩中存在有大量放射虫化石、藻类、瓣科及腕足类化石, 而且在不同地区所含生物化石亦有差异; 浊晶硅岩中主要元素的判别分析计算结果表明, 它几乎都接近生物灰岩一类¹⁾; 硅岩附近(包括其下部层位)火山岩较发育; 硅岩的泥晶和浊晶石英中均具有次胶状表面, 表明在其形成过程中有过凝胶化阶段。因此, 我们认为: (1) 海水中的生物(如放射虫等)吸收了主要通过火山作用带来的二氧化硅(少量亦可能是大陆带来的)后, 形成硅质壳体。当生物死亡后堆积而成硅岩(其中为钙质介壳的生物也在成岩时期硅化了); (2) 层状硅岩的分类通常可以按岩石的结构、矿物的粒度和均匀程度来划分, 如石英硅岩(0.05—0.1 mm)和微石英硅岩(0.01—0.05 mm)与亮晶硅岩(>0.1mm)、浊晶硅岩(0.01—0.1 mm)和泥晶硅岩(0.001—0.01 mm)等, 根据构造又可分为块状硅岩和角砾状硅岩; (3) 形成硅岩的沉积环境有浅水和深水沉积两种: 浅水沉积的硅岩除含有少量放射虫化石外, 还见有藻类、瓣科和腕足类化石, 常与碳酸岩呈过渡关系, 这种沉积环境的硅岩对铀的成矿比较有利; 深水沉积的硅岩主要含放射虫化石, 其中碳酸盐的含量很低。关于硅岩的成因问题, 我们认为通过生物作用形成的可能性是主要的, 但是从现有资料来看, 从火山物质中海解出来的大量二氧化硅和富二氧化硅的碱水湖泊中的二氧化硅分别在海、湖相盆地中直接通过化学沉积方式形成硅岩的情况也是存在的。

二、层控硅岩型铀矿的地质地球化学特征

现有资料表明, 硅岩型铀矿受层位控制, 与花岗岩没有明显的成因联系, 矿区内一般见不到侵入体, 至多只有一些与铀矿化关系不密切(至少现在未看出)的中、基性脉岩。矿床内褶皱、断裂都相当发育, 但断裂构造更为明显。铀矿化与褶皱作用及其所造成的顺层构造、张性裂隙有关, 它一般产于较平缓的短轴背斜的轴部附近。

1. 含矿硅岩的特征

(1) 褶皱带中的含矿硅岩(以 510 地区为例) 灰黑色, 层状和透镜状, 当其向板岩或碳酸岩过渡时层理和成层性更为清楚(图 2 中 d), 岩石中常见有放射虫化石。主要矿物成分为石英, 个别情况下有玉髓, 次要矿物有水云母、绢云母、有机质、碳酸盐、黄铁矿、偶见有磷灰石、重晶石、绿泥石、黄铜矿等。人工重砂矿物中有金属硫化物和铁的氧化物及少量锆石、电气石。根据其结构构造可分为三大类: 第一类为层状微石英硅岩, 颜色较暗, 石英颗粒大小为 0.01—0.05 mm, 局部有重结晶现象, 是硅岩中的主要岩石类型。第二类为石英硅岩, 颜色往往较浅, 石英颗粒为 0.05—1 mm, 镶嵌结构清楚, 有等粒和不等粒两种, 不等粒硅岩是含生物

1) 中国科学院地球化学研究所, 南秦岭西端与铀有关的硅灰岩体, 1976。

微石英硅岩不均匀重结晶的结果。第三类为破碎的角砾状硅岩,它仅出现于构造破碎带附近,角砾成分有硅岩岩屑和白色石英屑,此为成岩后的产物,铀矿化常与这类硅岩相伴生。硅岩的化学成分见表 1。

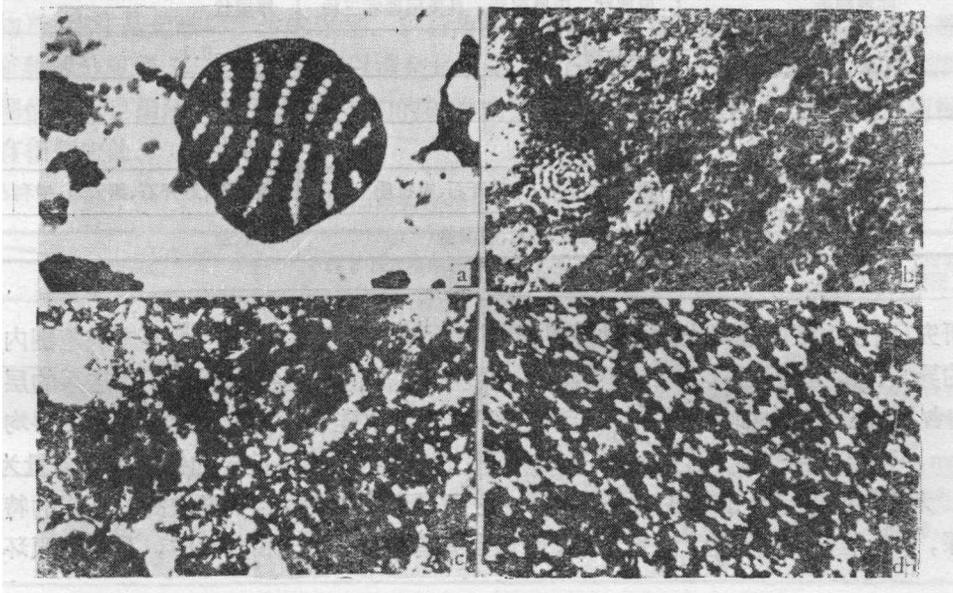


图 2

a. 硅藻土中之硅藻化石,电镜, $\times 6100$, 山东山旺; b. 微石英硅岩中的放射虫化石,单偏光, $\times 108.5$, 320 矿床(据张焘、郑楚生); c. 含球状生物残体的层状不等粒硅岩,单偏光, $\times 44$, 510 矿床; d. 层状等粒硅岩,正交偏光, $\times 132$, 510 矿床。

表 1 含矿硅岩的化学成分(%)

地区	样品	样数(个)	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	U	资料来源
510 矿	岩石	30	91.80	1.83	0.56	0.78	1.35	0.22	0.016	0.005	0.083	0.066		1.40	0.0033	中国科学院地球化学所; 中国地质科学院矿床所; 四川 405 队
	矿石	9	68.64	4.89	4.39	7.00	1.52	0.79	0.12	0.46	0.08	0.21	1.67	1.90		
320 矿	岩石	15	86.06	0.39	2.51	4.20	1.66	0.64	0.11	0.01	0.45	0.52	0.20	0.58	0.0013	张焘等(U系320矿分析)

(2) 稳定区的含矿硅岩(以 320 矿为例¹⁾) 黑色,层状,普遍具角砾状构造,其主要特征见表 2。微石英硅岩中见有较多的瓣科、藻类及腕足类、放射虫等生物化石;石英硅岩中由于重结晶作用明显,生物化石较难以见到。硅岩中除石英外,黄铁矿、白铁矿较常见。其化学成分见表 1,其中 SiO₂ 的含量在 80—90% 之间,Al₂O₃ 不超过 7%,一般在 1—4% 左右,Fe₂O₃ 的含量一般在 1—3% 之间,很少超过 5%,FeO 不大于 0.5%,CaO 和 MgO 一般在 2% 左右,Na₂O 和 K₂O 的含量都是 0.1%,此外,还有微量(0.01—0.05%)的 Ni, Co, Zn, U 和 Mo 等元素,Re, Se 的含量较低,仅 0.001—0.005%,还含有一定量的 S 和 C_{org}。

(3) 含矿硅岩的含铀性 层控硅岩型铀矿仅出现于晚元古代和古生代的层状硅岩中。

1) 张焘、郑楚生, 320 矿床矿石的物质成分及结构构造和矿床的成因特点, 1964。

表 2 320 地区硅岩特征表

岩石名称	微石英硅岩	石英硅岩
层理构造	厚层状、中厚层状、具微层理者三种	厚层状
粒度(毫米)	0.01—0.05	0.05—0.1
主要矿物	微小石英	粗粒石英
次要矿物	玉髓、粗粒石英	微小石英
主要杂质	伊利石、高岭石、地开石、有机质	高岭石、地开石、绢云母、伊利石、有机质
次要杂质	细分散粘土物质、碳酸盐	碳酸盐

(据张焘, 郑楚生, 1964)

经过研究, 山东山旺的硅藻土的含铀量很低, 其 γ 强度不超过 10γ , 在地壳本底范围内, 未见有铀的异常。而上震旦系、下寒武系、寒武-奥陶系、志留系、上泥盆系和下二迭系的层状硅岩中, 铀含量普遍较高, 如华南某地区上震旦-下寒武系中硅岩-碳酸盐组合中, 铀的平均含量为 215 ppm, 硅岩-碳质板岩组合为 31—47 ppm¹⁾; 510 地区志留系硅岩的铀的平均含量为 21.47 ppm²⁾, 大量样品的铀含量都在 10—100 ppm 之间(图 3)。这些含铀量较高的硅岩的特点是颜色较深, 多为黑色和暗黑色, 质地不纯, 普遍含有有机质、粘土和黄铁矿, 系偏还原环境的产物。

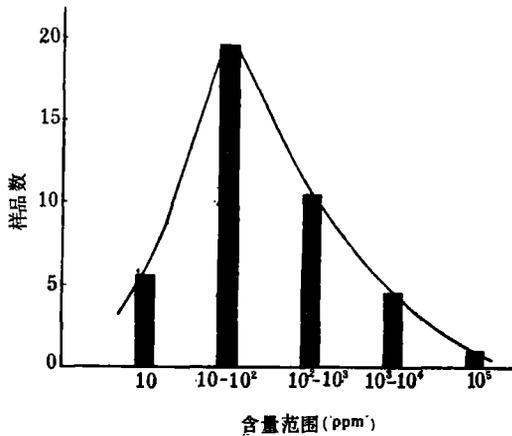


图 3 510 矿区硅岩的含铀量分布 (42 个检块样)

总的说来, 含矿硅岩是海水不太深的沉积产物, 呈层状展布, 岩相和厚度变化较大, 多为中厚层和薄层状硅岩; 普遍含有有机质, 常见有 Al, Fe, C_{有机}, Cu 等; 含 U 量较高, 其含 U 量仅次于碳质页岩; 岩石坚硬性脆, 容易破碎, 层间破碎带发育, 因而岩石中的裂隙发育, 连通性能好, 这利于含矿溶液的运移; 同时, 硅岩中的铀易被活化, 为铀的改造富集创造了良好的条件。

2. 层控硅岩型铀矿的地质特点

铀矿体多控制在层状硅岩内, 有的分布在硅岩和碳酸岩的接触处, 矿体与围岩(硅岩)的界

1) 北京铀矿地质研究所, ××地区震旦-寒武纪“含铀层”特征, 1976。

2) 地质部矿床地质研究所七室地质组, 510 矿区 I 矿段成矿控制因素及矿床成因 (1967—1968 年室内总结), 1968。

线极不清楚,肉眼无法区分,矿体边界只有依靠物理和化学方法才能确定。矿体在平面上和剖面上都是成群出现,单个矿体的规模大小不等,为透镜状和不规则状,膨胀收缩变化很大,它主要与构造裂隙有关,通常是顺层构造与矿化关系密切,而斜切地层的断层对矿化不利,多为成矿后的构造;往往是起破坏矿体的作用。矿石为浸染状和角砾状,一般角砾状矿石品位较富。矿石的矿物成分见表 3。从表 3 中可以清楚地看出,两个矿床所产出的地层时代极不相同,而且在地理位置上也相隔数千里,可是它们的矿物成分却有明显的相似性,这说明硅岩型铀矿在成矿上有相似之处。

表 3 层控硅岩型铀矿矿石的矿物成分

矿 物	矿 床	510 矿床 (褶皱带内;志留纪)	320 矿床* (稳定区内;下二迭纪)
铀矿物		沥青铀矿(少见)	沥青铀矿(量不多)
矿石矿物		黄铁矿**、黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、 辉镍矿、闪锌矿、白铁矿、针铁矿、钛铁 矿、板钛矿、铁钒矿物、蓝铜矿、孔雀石	黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、硫铁镍矿、 二硫镍矿、方辉镍矿、赤铁矿、硫钼矿、 辉钼矿、黄铜矿
脉石矿物		石英、绢云母、粘土矿物、有机质、铬 尖晶石、金红石、方解石、磷灰石、绿泥 石、类石墨	石英、高岭石、地开石、伊利石、 有机质、玉髓、磷灰石、绢云母、碳酸 盐、石墨

* 据张焘、郑楚生资料,1964。

** 文字下面打横线的表示为主要矿物,如黄铁矿。

硅岩型铀矿矿石的化学成分基本上与围岩一致(图 4),主要为 SiO_2 , 其次为 Al_2O_3 及 Fe 的氧化物,并且含有少量的 $\text{C}_{\text{有机}}$, Ca, Mg 的含量较低,有的还含有 Cu, Mo, Ni, P 等元素。铀矿化与 $\text{C}_{\text{有机}}$ 关系密切,但并非简单的正相关关系。

围岩蚀变较弱,普遍有硅化及退色现象,局部有赤铁矿化。硅化表现为角砾状硅岩的硅质胶结,白(浅)色石英细脉穿插和钙质壳生物(如鲎科、腕足类等)的硅质交代等,实际上就是一种“就地取材”的蚀变。退色是暗色岩石脱碳变为灰白色,它分布范围小,形状不规则,多见于铀的富集地段,有的仅沿着沥青铀矿细脉边缘分布,它是富矿的标志。

在层控硅岩型铀矿床中,铀的存在形式是以分散吸附和超显微、显微粒度的沥青铀矿为主,肉眼可见的沥青铀矿很少见。此外,在地表氧化带中还可可见少量的铀的次生矿物,如铜铀云母、正铜铀云母等。

3. 地球化学特征

硅岩型铀矿床除含大量 Si 和 Al, Fe, Ca 等常量元素及主元素 U 之外,常见有 Cu, Mo, Ni, V, P, Zn, Ba, Mn 及 Re, Se 等元素。在 320 矿床中, Re, Se 还有综合利用价值。上述杂质元素与 U 及它们本身之间的相关性通常不明显,因为它们同是围岩中的原始产物,不是外来的某一次岩浆热液带来的。但在 510 矿床中, U 与 P 有正消长关系(表 4),说明 U, P 是同时搬运沉淀的。

硫同位素组成 320 矿床的 25 个硫同位素(23 个黄铁矿和一个方硫镍矿及一个闪锌矿样品)的 δS^{34} 分布范围很广,从 -48.2 — $+8.6\%$, 平均值为 -14.78% , 富 S^{32} , 其中 72% 的样品的 δS^{34} 集中在 -6 — -20% 之间(图 4),表明硫同位素的组成分布有一些均一化现象,这可能

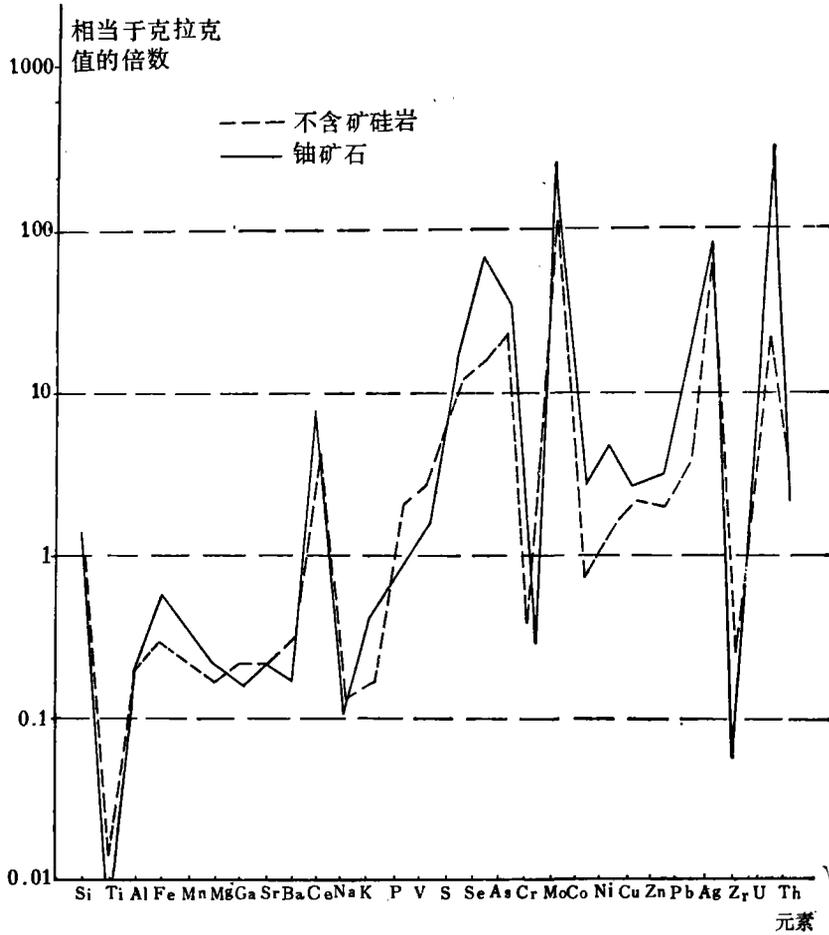


图 4 320 矿床硅岩矿石和不含矿硅岩化学元素含量与地壳克拉克值对比曲线
(据中南 309 队 10 分队资料)

表 4 510-3 矿段 U, P 含量对比表

样品数(个)	7	5	11	1	22	10
铀平均含量(%)	5.65	0.416	0.148	0.08	0.021	0.006
P ₂ O ₅ 平均含量(%)	3.96	3.19	2.23	0.70	0.45	0.21
U/P	1.53	0.106	0.066	0.114	0.047	0.027

(据四川 405 队, 1979, 510 地区铀矿成矿地质条件初步分析)

是强烈改造作用的结果。

硅岩型铀矿的成矿温度较低,其矿石中的矿物组成全为一些中、低温矿物(表 3),如硫钼矿(MoS₂)是一种在化学成分上同辉钼矿一样的胶状矿物。而且围岩蚀变较弱,同时对 320

矿床矿石中 7 个石英样品进行包裹体测温,其均一温度为 $145-172^{\circ}\text{C}^{1)}$ 。

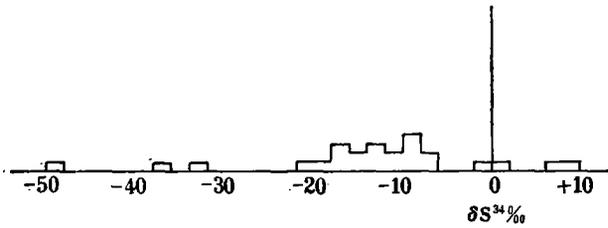


图 5 320 矿床中硫同位素的组成分布
(据 320 矿黄启昌提供的资料, 1980)

关于硅岩型铀矿的成矿时代问题 不论铀矿所赋存的地层时代如何,然铀矿的成矿时代都晚于地层时代,如 320 矿床产于下二迭纪的地层中,用 U-Pb 法测定矿石中的铀同位素年龄有两组:(1) 浸染状矿石(全岩)中的铀为 106 百万年¹⁾;(2) 角砾状矿石中的沥青铀矿为 61.75 百万年²⁾、63 和 65 百万年¹⁾。从两组年龄数据来看,浸染状矿石形成较早,而角砾状矿石(矿石的主要类型)形成时期要晚一些。显然,铀的主要成矿作用是发生在燕山运动即将结束的晚期。

4. 层控硅岩型铀矿床的成矿机理

(1) 铀元素的地球化学性质简况 铀是地壳中分布非常广泛、在地质作用过程中表现很活泼的元素,它极易发生迁移、沉淀和存在形式的变化。铀的这种性质是其变价性所造成的,自然界中的铀有 U^{4+} 和 U^{6+} 两种价态, U^{4+} 的化合物较稳定,但它被氧化成 U^{6+} 后就变得很活泼了。在气候不太干燥的氧化条件下,铀被氧化成铀酰 (UO_2^{2+}) 离子, UO_2^{2+} 的离子半径很大,容易被一些胶体粒子(如铁的氢氧化物)、粘土颗粒所吸附;同时 UO_2^{2+} 很容易形成易溶络合物,并以水溶液形式进行迁移;在还原条件下, U^{6+} 容易被还原剂(如黄铁矿、有机质等)还原成 U^{4+} 而沉淀。铀的这种地球化学性质决定了铀多富集在暗色、黑色的还原环境条件下形成的沉积物中,造成铀含量较高的矿源层;另一方面又使已定位在地质体中的铀容易活化和改造。

(2) 铀的成矿机理 硅岩型铀矿的成矿是一个长期复杂的过程,简单地说,它包括了沉积、成岩和改造三个阶段。即首先沉积了一套含铀量较高的富二氧化硅的沉积物;然后在成岩阶段一方面使沉积物固结形成硅岩,另一方面使沉积物中的铀及其伴生元素发生初步富集,但一般不形成矿床;最后由于地壳运动而引起地层(硅岩)发生物理、化学变化,从而使硅岩中的铀和其它伴生元素受到改造并在有利部位富集成矿。当然,形成今天的矿床并不是这样的简单,改造作用也不都只是进行一次,应该说每次构造运动的末期都有可能在富铀地层附近的适当部位形成铀矿。

关于硅岩型铀矿床的成矿机理大致可以归纳如下:火山活动(主要的)把地壳中的铀带到海盆地中,然后在比较宁静的局限海盆地的还原条件下,特别是在普遍氧化的局部还原环境中沉淀下来。含有机质、粘土和黄铁矿等杂质的暗黑色层状硅岩就是这种沉积环境的产物,故它通常含有较高的 U 及 V, Cu, Mo 等元素,从而构成了含铀量相对较高的铀源层。成岩时期铀

1) 刘士录, 320 矿床层控成因探讨, 1981.

2) 张燕、郑楚生, 320 矿床石的物质成分及结构构造和矿床的成因特点, 1964.

的富集现象不显著。当沉积物固结成岩以后,在后来的地壳运动时,由于构造作用、溶液的活动和热力作用的影响,铀被从地层中活化出来,并在有利部位再沉淀富集。在构造运动过程中,从地层中活化出来的含铀溶液向张裂隙的低压空间(如背斜轴部附近)和层间破碎带移动,并在该地段沉淀富集下来,形成浸染状、细脉一角砾状和细脉状矿石,铀的沉淀方式是以充填为主。由于层状硅岩中广泛存在有铀的沉淀剂(如黄铁矿、有机质和粘土等),故含铀溶液搬运的距离较近,这个从硅岩型铀矿的共生矿物的结构构造特点也可以得到证明。

在硅岩型铀矿床中,表生淋滤作用造成铀的富集现象也是存在的,但不是主要的成矿作用,有的还可能导致矿体的贫化或消失。

总的来说,硅岩型铀矿床是一种沉积改造矿床,改造的主要因素是构造运动和它引起的溶液活动、热力作用,以及氧化—还原作用。

硅岩型铀矿床是层控矿床,它受到层状硅岩的制约,改造作矿作用基本上是在原来的含铀量较高的地层内进行,同时矿体与构造有着密切的关系。

硅岩在构造运动时,极易发生脆性形变,因此硅岩型铀矿多是沉积—强烈改造矿床。

在地质历史中,每次地壳运动都可能在含铀量高的硅岩中形成沉积改造型铀矿,但我国(东部)地壳运动有两个特点:一是中生代的燕山运动很强烈;二是燕山运动是距今时间较近的一次强烈的地壳运动。因此,燕山运动不仅容易造成沉积改造矿床,而且燕山运动有可能把过去历次地壳运动所形成的沉积改造矿床再一次破坏后重新改造成矿。正是由于这样,所以我国东部层控(硅岩型)铀矿的成矿时期基本上都是燕山晚期,其它时期的成矿都是次要的了。

本文得到了涂光炽教授和陈先沛副研究员的直接指导、审定,张焘、陈先沛副研究员还参加了部分工作,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] Pittijohn, F. J., *Sedimentary rocks*, Third ed. 1975, 284—285; 402—406.
- [2] Страхов, Н. М., *Геохимия кремнезема*, Издательство «Наука», 1966, 5—8; 394—401.
- [3] 刘宝骥主编,沉积岩石学,地质出版社, 1980, 226—234.
- [4] 涂光炽等著,中国层控矿床地球化学(一),科学出版社(待出版).